

よく飛ぶ紙飛行機Ⅶ ～飛ぶ力と尾翼の形～

静岡大学教育学部附属浜松中学校
1年

1 動機

小1から6年間、大好きな紙飛行機をもっとよく飛ばすために、色々な種類の紙飛行機を作って研究をしてきた。昨年は昆虫や鳥などの飛行生物の翼の断面形状をまねた紙飛行機を作り、断面形状が飛ぶ力にどのように影響しているか調べた。昨年、飛行生物の翼の断面形状を調べた際に、鳥の飛行写真が図鑑に載っていた。写真を見ると、飛んでいる時と着地する時で翼だけでなく、なぜか尾翼の形も変化していることに気付き不思議に思った。そこで、今年は飛行生物の尾翼の形の秘密について知りたくなり、色々な生物の尾翼の形を持つ紙飛行機の飛行特性（揚力・抗力）を調べることにした。

2 研究の方法

(1) 実験の進め方

ア 翼の性能は、揚力を抗力で割った「揚抗比」が大きいほど良いため、色々な尾翼形状の飛行機の揚力と抗力を測定する。

イ アの結果がなぜそうなったのか、空気の流れを高速カメラで観察し、調査する。

ウ 色々な尾翼形状の紙飛行機を実際に飛ばし、どれが一番良く飛ぶか対決する。

(2) 実験装置

ア 紙飛行機

尾翼の形の違いを単純に比較するため、これまでの研究で使用した棒胴機(N-1141)にした。

イ 揚力測定装置と測定方法

揚力測定の際は機体の下とおもりを糸で結び、テコの原理を利用して浮き上がる力を測定する。扇風機で風を前から当てた時の電子天びんの目盛りを読み、最初に比べて軽くなった分が揚力になる。

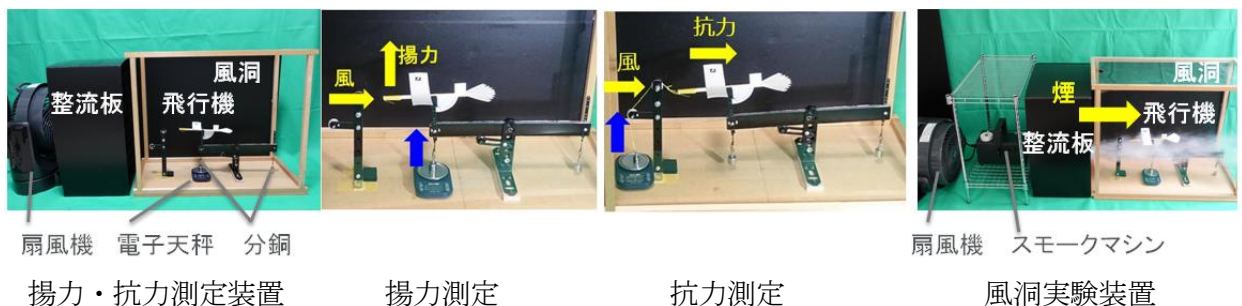
ウ 抗力測定装置と測定方法

抗力測定の際は機体の前とおもりを糸で結び、引っ張られる力を測定する。揚力と同じように、扇風機で風を前から当てた時の電子天びんの目盛りを読み、最初に比べて軽くなった分が抗力になる。

エ 風洞実験装置と観察方法

木で枠組みを作り、透明なアクリル板とプラダン（黒）で風洞（奥行30cm、長さ60cm、高さ50cm）を作る。風洞の前には飛行機に当てる風が一定になるように、プラダンで一辺が5cm、長さ20cmになるような短冊を組み合わせて作った、簡単な整流板を置く。

揚力測定で使用した装置の支柱に飛行機を固定。スモーク発生装置で煙を発生させ、扇風機の風を当て流れを作り、翼に流れる煙を高速カメラで観察する。



3 研究の内容と結果

(1) 実験1 尾翼形状の違いによる揚力、抗力測定

次の飛行生物の尾翼の形をまねた飛行機を作成し、揚力、抗力を測定。

ア 尾翼の形

長方形 (基本)

タカ

ツバメ

トビウオ

ムササビ



イ 尾翼の大きさ

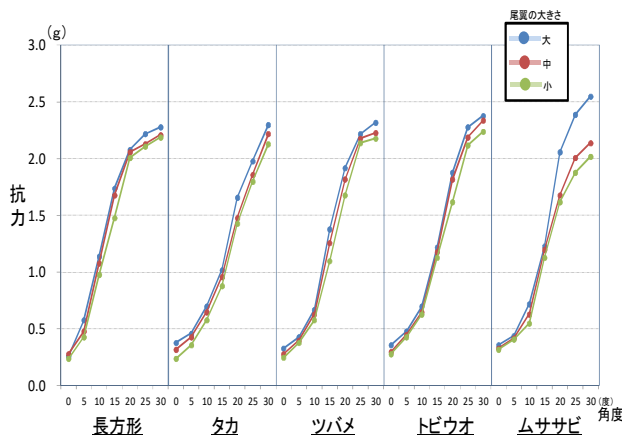
棒胴機 (N-1141) の翼面積 (24 cm²) に対する尾翼面積比を基本にして次のように設定した。

大 : 70% 中 (基本) : 46% 小 : 30%

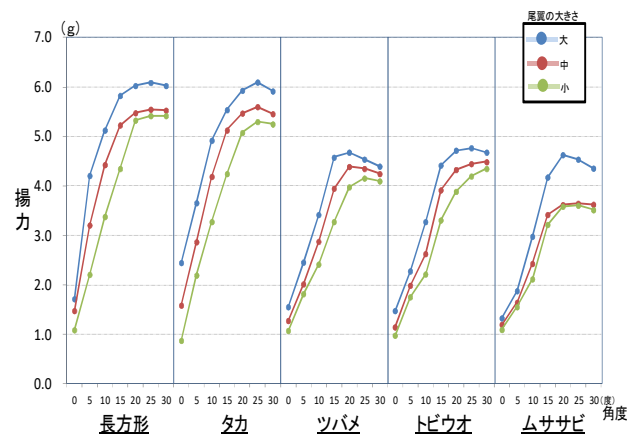
ウ 尾翼の角度

機体の角度を 0 から 30° まで 5° おきに変化させた時の揚力を測定。

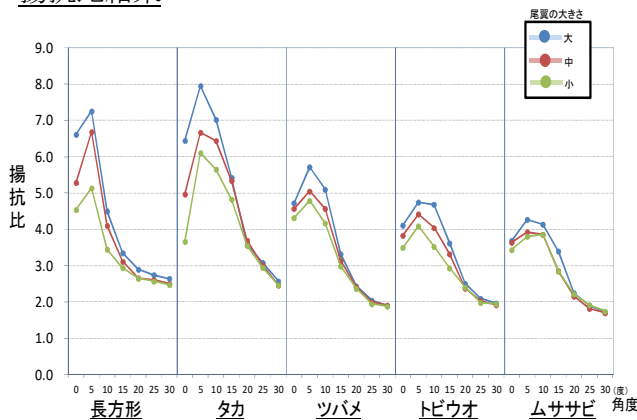
揚力測定結果



抗力測定結果



揚抗比結果

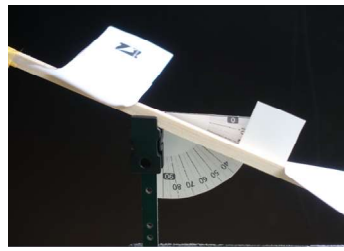
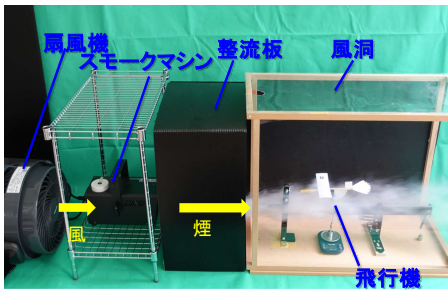


(分かったこと)

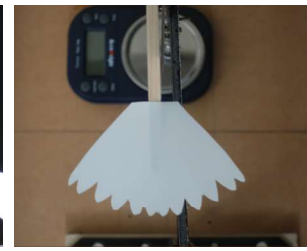
- 揚力、抗力ともに面積が大きな尾翼の方が大きくなるのが分かった。
- 揚抗比の比較グラフから、
タカ > 長方形 > ツバメ > トビウオ > ムササビ
の順で結果が良いことが分かった。
また、角度 20 度以上では、揚抗比の差が小さくなるのが分かった。

(2) 実験2 尾翼形状の違いによる空気の流れ観察

機体の角度を 0 度、20 度にした時の尾翼に当たる風の流れを観察するため、スモーク発生装置の煙を翼の周りに当て、横 (機体側面)、上 (機体上面) 方向からも高速カメラで撮影した。



横方向(機体側面)



上(機体上面)方向

風洞実験風景

(分かったこと)

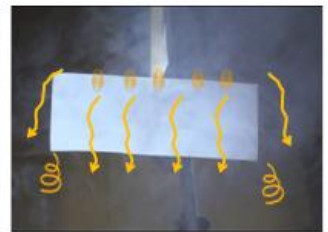
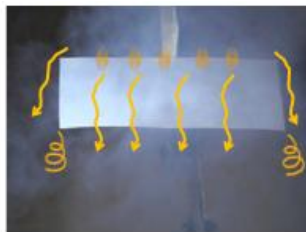
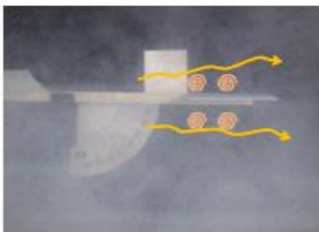
- 角度が大きくなると尾翼の上面側と下面後方側で渦ができる。
- 尾翼の形の違いで煙の流れ方が変わり、流れの速さが変化する。
- 揚抗比の結果が悪い尾翼の形は尾翼周りの煙の塊が大きい。
- 尾翼の大きさが変わると、尾翼の周りにできる渦の大きさが変わる。尾翼が大きい方が渦のふくらみが小さく、後方にスムーズに流しているのが分かった。
- タカの尾翼では尾翼の形に添って斜めに煙が流れ、両端で渦を作りながらきれいに後ろに流していた。この結果から、尾翼の形はある程度面積がある扇形状の後退形状の方が空気をスムーズに流すことができることがわかった。
- ムササビやトビウオのような異形の尾翼形状は、尾翼周りに空気の乱流ができてしまうため、安定して遠くまで飛ぶのには向かない実験結果となった。このことから、ムササビやトビウオは尾翼を飛ぶために利用しているのではなく、単に空中での姿勢のバランスをとるために利用しているのではないかと思う。

長方形：尾翼(大)の例

※撮影写真中の矢印は煙の流れのイメージを描いた

《角度0度》

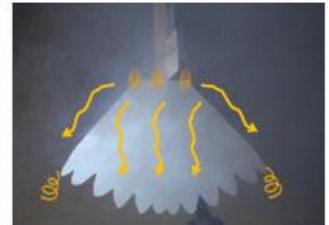
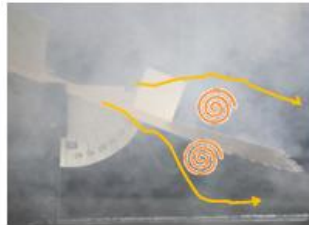
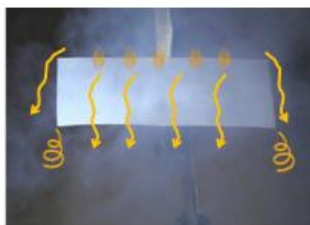
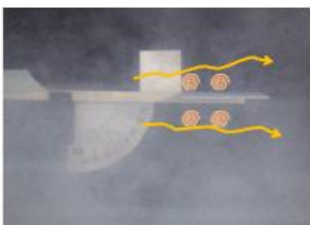
《角度20度》



タカ：尾翼(大)の例

《角度0度》

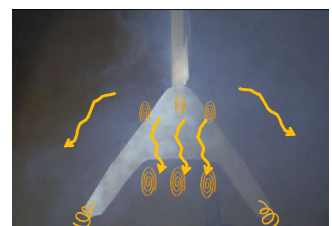
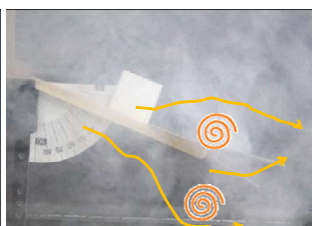
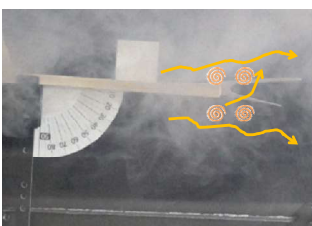
《角度20度》



ツバメ：尾翼(大)の例

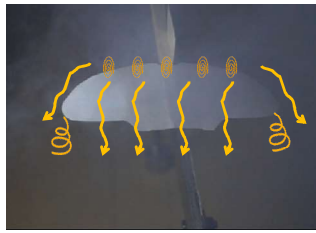
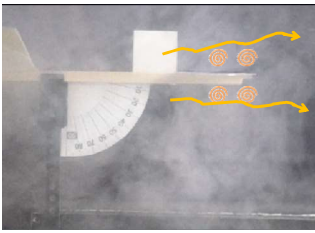
《角度0度》

《角度20度》

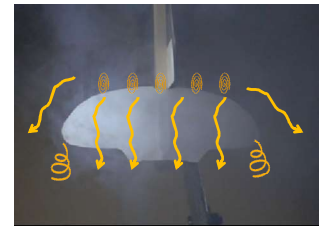
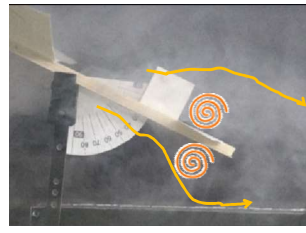


トビウオ：尾翼（大）の例

《角度 0 度》

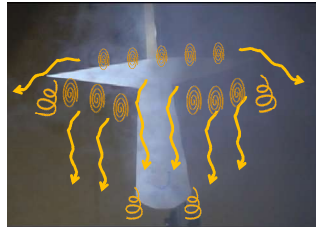
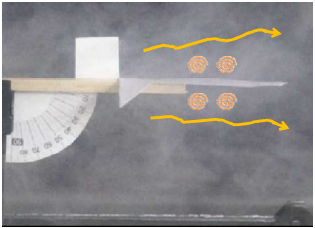


《角度 20 度》

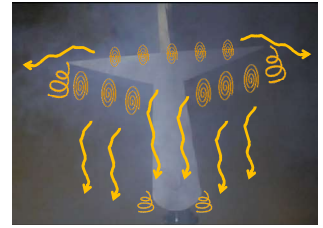
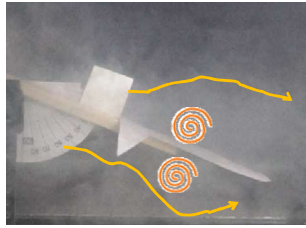


ムササビ：尾翼（大）の例

《角度 0 度》



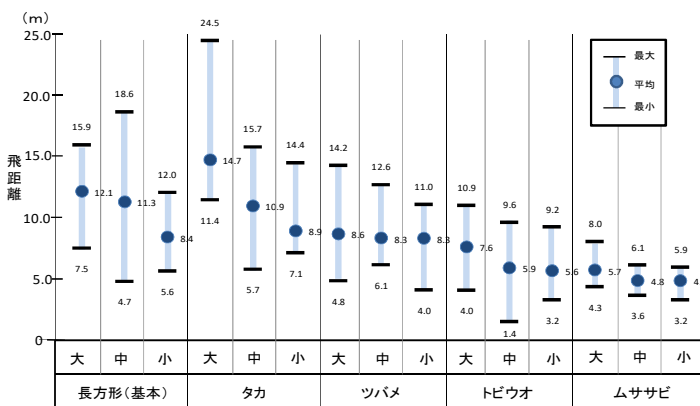
《角度 20 度》



(3) 実験 3 紙飛行機の飛距離対決 (検証実験)

風のない体育館で、10 回ずつ飛ばし飛んだ距離を測る。

飛距離対決結果



(分かったこと)

- ・タカの尾翼大が最大飛距離も平均値も高く、一番よく飛んだ。
- ・タカは一番飛んだが、旋回して距離をロスすることもあった。
- ・ムササビは安定して飛ばなかった。
- ・揚抗比の良かった順位と同じ結果となった。

4 まとめ

尾翼の形の違いによっても空気の流れが変わり、揚力と抗力に影響が出ることが分かった。

揚抗比と風洞実験の結果から、尾翼の形はある程度面積があるタカのような扇形状の後退翼形状がいいことが分かった。また、鳥が着地するときに尾翼を広げ面積を大きくしているのは、より大きな揚力を得て、スピードを抑えながら安定して着地するために必要な動作であることが分かった。

これまでの研究で翼の表面や断面形状によっても、飛ぶ力に影響があることが分かっているため、今後は、尾翼でもその考えを応用し、飛行生物の飛ぶ力の知恵を利用した、よく飛ぶ紙飛行機について研究を続けていきたい。

5 参考にした本

- ・「二宮康明の紙飛行機集」 (誠文堂新光社)
- ・「日本大百科全書(ニッポニカ)」 (小学館)
- ・「トビウオの驚くべき世界」 スティーブ・N・G・ハウエル:著 (エクスナレッジ)
- ・「生物の形や能力を利用する学問 バイオミメティクス」 (東海大学出版部)
- ・「航空を科学する 上巻」 東 昭 著 (酣燈社)
- ・「カラー図解でわかる航空力学「超」入門」 中村寛治 著 (SBクリエイティブ)